

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.06.008

基于某信息机房地板空调送风的数值模拟

康良麒, 刘鹏, 刘登伦

(深圳市建筑科学研究院股份有限公司, 广东 深圳 518049)

摘要: 采用CFD软件对某信息机房的地板空调送风系统进行数值模拟与计算, 结果表明: 该信息机房的温度分布比较均匀, 大部分区域为295~296 K; 机房内部气流组织较好, 不存在明显的漩涡区和通风死角, 符合信息数据库室内空调的设计要求。由此证明, 采用地板空调送风系统对信息机房进行供冷, 可有效改善信息机房局部过热问题, 可供类似信息机房的空调设计参考。

关键词: 数值模拟; 信息机房; 地板空调送风

中图分类号: TU831.6

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)06-0039-04

Numerical Simulation on Underfloor Air Supply Based on a Data Room

Kang Liangqi, Liu Peng, Liu Denglun

(Shenzhen Institute of Building Research Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518049, China)

Abstract: Uses CFD software to simulate and calculate the underfloor air supply of a data room. The results show that the temperature distribution of the data room is relatively uniform, and most areas are 295~296 K; The inner air flow organization is fine, there is no obvious vortex area and ventilation dead angle, and meets the design requirements of indoor air conditioning of information database room. Thus proves that using underfloor air supply system to cooling information data room can effectively improve the room local overheating, providing reference for air conditioning design of similar information rooms.

Keywords: numerical simulation; data room; underfloor air supply

0 引言

信息机房作为不间断提供电子信息服务及可以储存的设备, 它是数据处理和设备运行的主要单元。信息机房最大的特点是设备的发热量大, 且机房内一年中的温度变化幅度不大, 因此, 机房在每个季节都需要进行制冷处理, 从而导致信息机房的空调能耗非常高。

传统的信息机房一般采用上送风式的空调系统, 其工作原理是先降低机房的环境温度, 然后降低机柜温度。因此, 为了保持机房设备良好散热, 必须保障较低的机房环境温度。就其降温效率而言, 空调的

能量显然有一部分消耗在降低环境温度上, 而不是直接用于降低设备的温度。另外, 由于该空调系统的冷风基本被均匀分配在机房内部的各个区域, 但无法实现精确分配, 在局部设备密度高的区域, 冷量会分配不够, 易形成局部热岛^[1], 造成机房局部过热。

为了改善信息机房的局部过热问题, 本文提出一种下送风式的空调系统——地板空调送风系统, 以其对信息机房进行供冷, 并且采用计算流体动力学 (computational fluid dynamics, CFD) 软件对其进行数值模拟与计算, 得到该信息机房的温度场和流场, 分析其是否存在通风不良和局部过热现象, 以期与信息机房空调系统的设计提供理论参考。

收稿日期: 2015-10-21

作者简介: 康良麒 (1987-), 男, 江西赣州人, 深圳市建筑科学研究院股份有限公司工程师, 主要研究方向为建筑节能及暖通空调, E-mail: kangliangqi0814@163.com

1 数值模拟

1.1 物理模型

图1所示为本研究选用的某信息机房的平面布置图,其具体的结构尺寸为23.2 m × 27.2 m × 3.0 m (L × W × H)。该机房包括空调风柜区和信息数据库两部分,两个区域通过27个1.5 m × 2.0 m的回风百叶连通。该机房的信息数据库采用精密空调下送风的方式,即通过架空地板向信息数据机柜送风,每两排信息数据库机柜之间设置封闭的冷通道,并在冷通道中间垂直设立一块隔板,将该冷通道平均分为2个小的冷通道,每个小的冷通道只对单侧机柜送风,以保证对每组机柜进行均匀送风。冷风与信息数据机柜热交换后,通过设置在风柜区侧墙上的回风百叶返回至风柜区域。信息数据库共设有6组信息数据机柜,构成6个小的封闭送风冷通道,图2所示为信息机房冷通道的大样图。

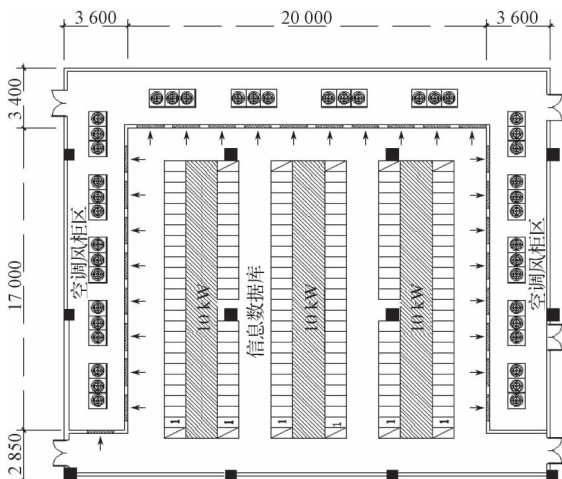


图1 信息机房平面布置图

Fig. 1 The floor plan of data room

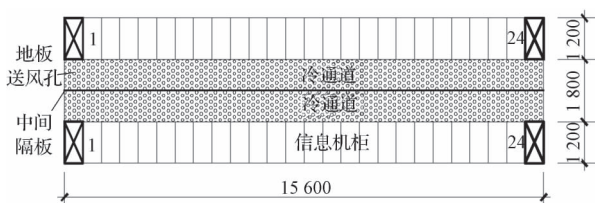


图2 信息机房的冷通道大样图

Fig. 2 The cold channel drawing of a data room

根据上述户型结构尺寸,得到信息机房的物理模型,因为本模拟主要研究信息数据库内部温度分布和气流组织情况,所以本模型只考虑信息数据库,而空调风柜区不在模拟范围之内。另外,地板送风风道的具体送风情况也不予考虑,只在边界条件的设置时予以考虑。根据实际情况,将冷通道地板风口设置为送风入口,将回风百叶设置为回风口,其

物理模型如图3所示。

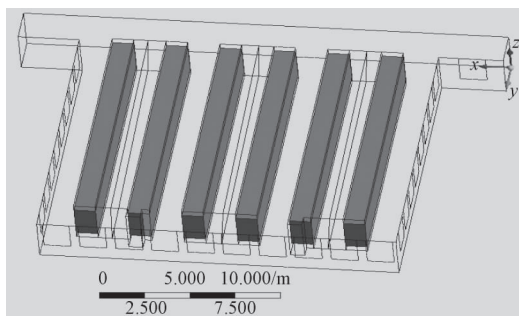


图3 信息机房的物理模型

Fig. 3 The physical model of a data room

1.2 计算模型

信息机房的房间气流流动为不可压缩的三维瞬态湍流流动^[2-6],将其模型假设简化后,满足质量守恒定律、动量守恒定律、能量守恒定律和组分守恒定律方程,其控制方程^[7]的通用形式为:

$$\frac{\partial(\rho\Phi)}{\partial t} + \text{div}(\rho\vec{u}\Phi) = \text{div}(\Gamma \text{grad}\Phi) + S. \quad (1)$$

式中: Φ 为通用变量,可代表 u, v, w, T 等变量;

\vec{u} 为速度矢量;

Γ 为广义扩散系数;

S 为源项。

在流体计算动力学中,对所有流体流动和换热问题,归根结底是求解流体控制方程。而所有控制方程^[8]都可经过适当的数学处理,将方程中的因变量、瞬变项、对流项、扩散项写成标准形式,然后将其余各项集中定义为源项,从而化为对上述通用微分方程求解,写出求解方程的源程序,以求解不同类型的流动及传热问题。

1.3 边界条件

因为邻室亦为空调房间,可认为内墙几乎没有热量传递,所以内墙的边界条件近似设为绝热壁面。具体边界条件的设置如表1所示。

表1 空调送风模拟边界条件

Table 1 The boundary conditions of air supply simulation

名称	数量	尺寸/m	边界类型	参考值	备注
东墙	1	27.2 × 3	绝热	-	内墙
西墙	1	27.2 × 3	绝热	-	内墙
南墙	1	23.2 × 3	绝热	-	内墙
北墙	1	23.2 × 3	绝热	-	内墙
天花	1	27.2 × 23.2	绝热	-	-
地板	1	27.2 × 23.2	绝热	-	除送风口外的地板
机柜	6	1.2 × 2.2 × 15.6	热流密度	4 953 W/m ³	总功率1360 W × 0.9 (热转换系数)
回风口	27	1.5 × 2	压力出口	10 Pa	回风百叶
送风口	6	1.2 × 15.6	速度入口	风速1.4 m/s, 温度286 K	空调送风+新风 共423 500 m ³ /h

2 模拟结果与分析

图4和图5分别是 $x=6.2\text{ m}$ (为信息机柜中心剖面位置)和 $x=7.4\text{ m}$ (为冷通道中心剖面位置)处的温度云图。

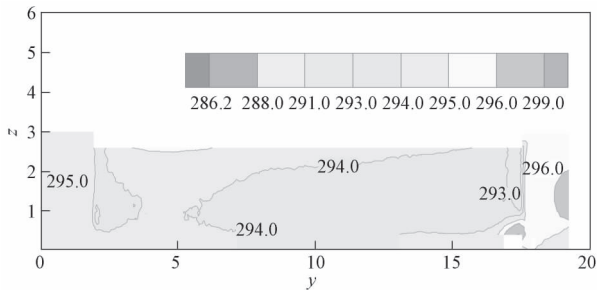


图4 $x=6.2\text{ m}$ 处温度云图

Fig. 4 Temperature contour at $x = 6.2\text{ m}$

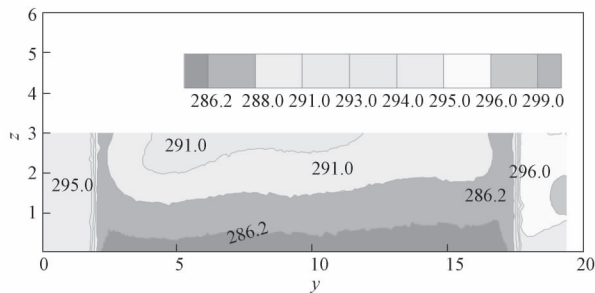


图5 $x=7.4\text{ m}$ 处温度云图

Fig. 5 Temperature contour at $x = 7.4\text{ m}$

由图4可以得知,信息机柜中心位置处的温度为 $293\sim 294\text{ K}$,两端通风热通道温度为 $295\sim 296\text{ K}$ 。而图5显示,冷通道中心的温度形成了分层现象,从下到上的温度依次为 $286\sim 291\text{ K}$ 。

为了进一步了解整个空调区域的温度分布情况,选取横向剖面 $y=4\text{ m}$ 处的温度云图(如图6所示)和水平剖面 $z=1.5\text{ m}$ 处的温度云图(如图7所示)进行分析。由图6和图7可以得知,该机房的信息数据库整体温度在 $294\sim 296\text{ K}$ 之间,且冷通道温度相对较低,大概为 $286\sim 291\text{ K}$;靠近两端回风口的通风热通道温度约为 294 K ,而中间两条通风热通道温度为 296 K 左右。

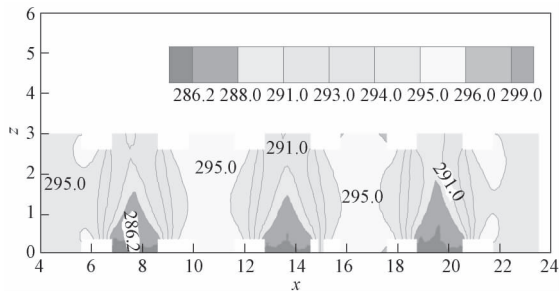


图6 $y=4\text{ m}$ 处温度云图

Fig. 6 Temperature contour at $y = 4.0\text{ m}$

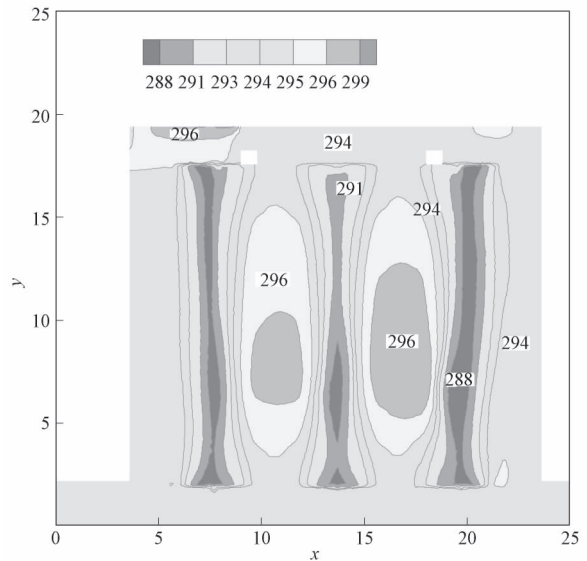


图7 $z=1.5\text{ m}$ 处温度云图

Fig. 7 Temperature contour at $z=1.5\text{ m}$

图8和图9分别是 $y=4\text{ m}$ 和 $z=1.5\text{ m}$ 处的速度矢量图。

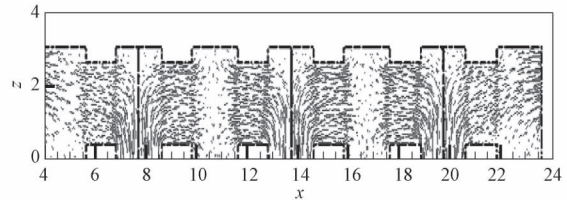


图8 $y=4\text{ m}$ 处速度矢量图

Fig. 8 Velocity vector contour at $y=4\text{ m}$

由图8可知,冷空气由地板送风口送出,进入冷风通道,与空调机柜进行热交换后,进入通风热通道,最终通过回风口排出。整个送排风过程气流组织合理有序。

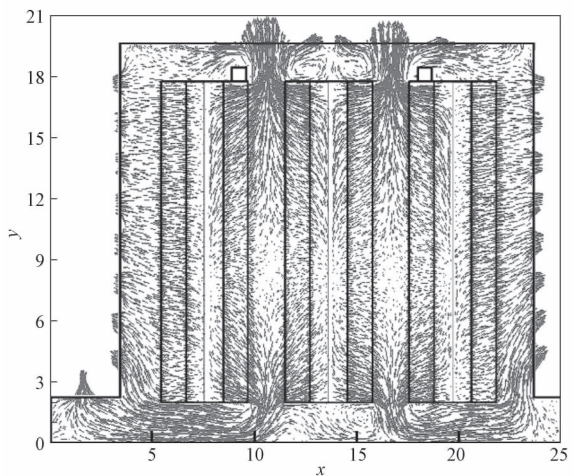


图9 $z=1.5\text{ m}$ 处速度矢量图

Fig. 9 Velocity vector contour for $z=1.5\text{ m}$

由图9可知,在 $z=1.5\text{ m}$ 的水平剖面位置,机房的气流组织较好,不存在明显的漩涡区和通风死角,冷

通道对各组信息机柜的送风也较为均匀,但中间两个热通道的中间部位气流速度较低。分析其原因,可能是该区域离各个回风口距离最远,为最不利通风区域,所以其风速相对较低。与图7对比分析,可以发现, $z=1.5\text{ m}$ 处的速度矢量图和温度云图是相互吻合的,最不利通风区域的温度也是最高的。

3 结论

通过对下送风式空调系统对某信息机房进行供冷的数值模拟,可得到如下结论:

1) 机房信息数据库的中间热通道大多数区域温度为 $295\sim 296\text{ K}$,而两侧靠近回风口的热通道温度在 $293\sim 294\text{ K}$ 之间。数据库靠近回风口端的通风走廊区域温度约为 $294\sim 295\text{ K}$,另一侧的通风走廊区域温度为 295 K 左右。所以从总体上看,整个信息数据库(不包括冷通道)的温度分布比较均匀,与数据库室内空调设计温度也较为接近,可知其达到设计要求。

2) 冷通道对各组信息机柜的送风较为均匀,整个送排风过程气流组织合理有序。整个信息机房不存在明显的气流漩涡区和通风死角,只有中间两个热通道的中间局部位置气流速度较低,但也能满足设计要求。

3) 本机房的最不利通风区域为中间2个热通道的 $y=4\sim 10\text{ m}$ 位置处,因其距离回风口最远,风速相对最低,最终导致该区域的温度相对最高。所以后期机房运营时,可将该区域作为重点监控区域。

以上结论表明,此信息机房的空调设计是合理的,同时,也为今后类似的信息机房的空调设计提供了参考依据。

参考文献:

[1] 林玉龙,张文生.数据中心采用全封闭冷气通道送风节能技术[J].广东通信技术,2011(5):11-13.

- Lin Yulong, Zhang Wensheng. Energy Saving Technology of the Whole Closed Air Cooling Channel in the Data Center [J]. Guangdong Communication Technology, 2011(5): 11-13.
- [2] Patankar S V. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow[M]. Washington: Hemisphere Publishing Corporation, 1980: 65-120.
- [3] 张智力,吴喜平. CFD 基本算法及其在暖通空调领域中的运用[J]. 能源技术, 2002, 23(1): 8-11.
Zhang Zhili, Wu Xiping. The Basic Methods of CFD Problems and Its Applications in HVAC[J]. Energy Technology, 2002, 23(1): 8-11.
- [4] Rodi W. Recent Development in Turbulence Modeling on Mathematical Modeling of Turbulent Flows[M]. Cambridge: Fluid Mech, 1993: 111-148.
- [5] Heikkinen J. Modeling of Supply Air Terminal for Room Air Flow Simulation[C]// Proceedings of 12 th AIVC Conference. Ottawa: [s. n.], 1999: 24-27.
- [6] 胡海华,王孟孟,潘镇镇,等. 灰关联分析法优选空调冷热源系统在Excel中的实现[J]. 湖南工业大学学报, 2014, 28(5): 93-97.
Hu Haihua, Wang Mengmeng, Pan Zhenzhen, et al. The Implementation of Gray Relational Analysis Algorithm for Optimum Selection of Air Conditioning Heating and Cooling Source System in Excel[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2014, 28(5): 93-97.
- [7] 汤广发,吕文湖,王汉青. 室内气流数值计算及模型试验[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 1989: 6-10.
Tang Guangfa, Lü Wenhū, Wang Hanqing. Indoor Air Numerical Calculation and Model Test[M]. Changsha: Hunan University Press, 1989: 6-10.
- [8] 王汉青,易检长,李端茹,等. SCR脱硝系统导流板优化设置的数值模拟[J]. 湖南工业大学学报, 2015, 29(2): 1-7.
Wang Hanqing, Yi Jianchang, Li Duanru, et al. Numerical Simulation of Guide Plate Optimization Setting of Selective Catalytic Reduction Denitrification System[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2015, 29(2): 1-7.

(责任编辑:廖友媛)